Zwillings- und Lageverzerrung beim Staurolith

Von

Arthur Marchet

(Mit 2 Textfiguren und 2 Tafeln)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Juli 1919)

Gelegentlich einer Ausstellung des Minerals Staurolith in einer Monatsversammlung der Wiener Mineralogischen Gesellschaft wurde von Hofrat F. Becke und Kustos Dr. R. Koechlin auf Unterschiede in der Ausbildung der einfachen Krystalle und der Zwillinge nach (232) und (032) aufmerksam gemacht.[1] Diese Unterschiede genauer zu untersuchen, war der Zweck dieser Arbeit. Im Schlußteil wird dann auch der Versuch gemacht, die Verzerrung, welche die Krystalle durch ihre Lage in dem geschieferten Muttergestein erleiden, zu verfolgen.

Es obliegt mir die angenehme Pflicht, an dieser Stelle allen den Herren zu danken, die mich bei dieser Untersuchung unterstützt haben. Ganz besonders danke ich Herrn Hofrat Prof. Dr. F. Becke für das Interesse und die Hilfe bei der Durchführung der Arbeit. Den Herren Hofrat Prof. Dr. C. Doelter und Kustos Dr. R. Koechlin verdanke ich die Erlaubnis, die diesen Herren unterstehenden Sammlungen zu benutzen. Den Herren Regierungsrat Dr. K. Kürschner und phil. Wilhelm Koppi verdanke ich Untersuchungsmaterial aus ihren Privatsammlungen.

---

[1] Mitteil. d. Wiener Miner. Ges., 1917, Nr. 80, p. 67.

Einleitung.

Daß Zwillinge gegenüber den mitvorkommenden, einfachen Krystallen häufig verzerrt erscheinen, ist schon lange bekannt. In neuerer Zeit waren es besonders die Arbeiten von Becke, Kreutz, Neugebauer und Tertsch, die sich mit dieser Frage beschäftigten.[1] In dem angeführten Referat F. Becke's aus den Fortschritten der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie und in der Arbeit von St. Kreutz sind auch ausführliche Verzeichnisse der einschlägigen Literatur enthalten. Ich kann es mir daher ersparen, die bis dahin erschienene Literatur näher anzuführen und verweise nur noch besonders auf eine spätere Arbeit von St. Kreutz: Einspringende Winkel und Wachstumsgeschwindigkeit an Calcitzwillingen.[2] Kreutz beschreibt hier das verschiedene Verhalten der einspringenden Winkel bei Penetrationszwillingen nach (100) von Calcit aus Egremont. In jenen einspringenden Winkeln, welche von der Zwillingsebene durchschnitten werden, zeigt sich eine bedeutende Zunahme der Wachstumsgeschwindigkeit, die bis zur Ausfüllung dieser Winkel führt; eine Erscheinung, die, wie weiter unten gezeigt werden wird. in ähnlicher Weise auch bei den Staurolithzwillingen auftritt.

Um die Verzerrungserscheinungen genauer zu verfolgen, geht man von den Zentraldistanzen der Flächen aus. Man

---

[1] F. Becke, Ein Beitrag zur Kenntnis der Krystallformen des Dolomit. Tschermak's Min.-petrogr. Mitt., *10*, 1889, p. 135. — Zwillingskrystalle von Orthoklas. Ebenda, *22*, 1903. p. 195. — Gipszwillinge von Bochnia. Mitt. Wiener Min. Ges., 8. Jänner 1906. Tschermak's Min.-petrogr. Mitt., *25*, p. 214, und *26*, 1907, p. 133. — Whewellit. Ebenda, *26*, 1907, p. 409. — Über Krystalltracht. Verh. Deutscher Naturforscher u. Ärzte, 79. Vers., Dresden 1907, II. T., 1. Abt., p. 202. — Die Tracht der Krystalle. Schriften d. Ver. z. Verbr. naturwiss. Kenntnisse, Wien, *47*, p. 391. — Über die Ausbildung der Zwillingskrystalle. Fortschr. d. Min., Krist. u. Petr., *1*, 1911, p. 68. — St. Kreutz, Über die Ausbildung der Krystallform bei Calcitzwillingen. Denkschr. d. Ak. d. Wiss., Wien, math.-nat. Kl., *80*, 1906, p. 15. — F. Neugebauer, Die Krystalltracht von einfachen Krystallen und Karlsbader Zwillingen des Orthoklases. Tschermak's Min.-petrogr. Mitt., *25*, 1906, p. 413. — H. Tertsch, Kristalltrachten des Zinnsteins. Denkschr. d. Ak. d. Wiss., Wien, mat.-nat. Kl., *84*, 1908, p. 563.

[2] Tschermak's Min.-petrogr. Mitt., *28*, 1909, p. 49 .

hat also die Entfernung dieser Flächen von dem Keimpunkt des Krystalls zu bestimmen. Weil die einfachen Staurolithkrystalle und auch die Zwillinge ein Symmetriezentrum besitzen. kann man als Zentraldistanz die Hälfte der Entfernung zwischen Fläche und Gegenfläche annehmen. Da es bei dieser Untersuchung darauf ankam, Verzerrungen durch Unregelmäßigkeiten möglichst auszuschalten, so mußten die Messungen an mehreren Krystallen zusammengefaßt werden. Man erreicht das dadurch, daß man das Mittel der reduzierten Zentraldistanzen berechnet. Diese erhält man in der Weise, daß man die Messungszahlen auf die Zentraldistanz einer Flächenart bezieht, die dann für alle Krystalle gleich bleibt. In unserem Falle wurde die Höhe der Krystalle, d. i. die doppelte Zentraldistanz der Fläche (001), gleich 10 gesetzt, also alle anderen Zentraldistanzen des Krystalls durch ein Zehntel der Höhe dividiert.[1] Bei manchen Krystallen fehlen Flächen, die sonst vorkommen, so z. B. die Endfläche beim Staurolith von Zöptau. In diesen Fällen wurde die virtuelle Zentraldistanz bestimmt unter der Annahme, daß die fehlende Fläche die Kante oder Ecke eben berührt, die an ihrer Stelle auftritt.[2]

Aus den mittleren reduzierten Zentraldistanzen bekommt man die relativen[3] dadurch, daß man jene durch den Radius einer mit dem Krystall volumgleichen Kugel dividiert. Zu diesem Zwecke wurden mit den mittleren reduzierten Zentraldistanzen Krystallbilder konstruiert[4] und diese zur Bestimmung

---

[1] Einfach das Mittel der gemessenen Zentraldistanzen zu nehmen. geht aus dem Grunde nicht an, weil dann bei der verschiedenen Größe der Krystalle die Zentraldistanzen der größeren Krystalle von größerem Einfluß auf das Resultat sind als die der kleineren. Siehe diesbezüglich auch: Tertsch. l. c.. p. 569.

[2] Vgl. H. Gerhart, Über die Veränderungen der Krystalltracht von Doppelsulfaten durch den Einfluß von Lösungsgenossen. Tschermak's Min.-petrogr. Mitt., *24*, 1905, p. 367.

[3] Siehe diesbezüglich die zitierten Arbeiten von F. Becke, H. Gerhart, St. Kreutz, Neugebauer und H. Tertsch.

[4] Zu den Konstruktionen wurden die Winkelmessungen von F. Hörner benutzt: Beiträge zur Kenntnis des Stauroliths. Inauguraldissertation, Heidelberg 1915. — E. A. Wülfing und F. Hörner. Die krystallographischen Konstanten

des Volums des abgebildeten Körpers verwendet. Man denkt sich den Krystall in seine Anwachspyramiden zerlegt, deren Höhe ist die mittlere reduzierte Zentraldistanz und deren Grundfläche läßt sich aus der Zeichnung berechnen. Kennt man die Winkel, unter denen die Flächen gegen die Bildebene geneigt sind — sie sind in der stereographischen Projektion als Abstand des Pols der Bildebene von den Flächenpolen gegeben —, so ist die wahre Größe der Fläche gleich dem Quotient: Größe der gezeichneten Fläche, dividiert durch den Kosinus ihres Neigungswinkels gegen die Bildebene. Die relativen Zentraldistanzen sind ein Maß für die Wachstumsgeschwindigkeiten in den Richtungen der Flächennormalen innerhalb eines Krystalls, sie sind aber nicht geeignet, direkt die einfachen Krystalle mit den Zwillingen zu vergleichen. Die Ursache davon ist die verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit bei einfachen Krystallen und bei Zwillingen. So wie bei den Mineralen, die die oben zitierten Arbeiten behandeln, kann man sich auch beim Staurolith überzeugen, daß die Zwillinge ein größeres Volum besitzen als die mitvorkommenden, einfachen Krystalle. Jene haben für manche Flächen größere Wachstumsgeschwindigkeiten. Um also Zwillinge mit einfachen Krystallen zu vergleichen, muß man für jene die vergleichbaren Zentraldistanzen[1] berechnen.

Diese Berechnung hat natürlich nur dann einen Wert, wenn man sicher ist, daß die einfachen Krystalle und die Zwillinge tatsächlich derselben Generation angehören und wenn solche Krystalle verglichen werden, deren Größe möglichst der Durchschnittsgröße entspricht. Aus diesem Grunde gebe ich die vergleichbaren Zentraldistanzen nur bei den Zwillingen vom Monte Campione und Trausnitzberg bei Zöptau an. Bei den Fundorten Bretagne und Fannin müßte ich davon abstehen, da mir von dort nur lose Krystalle zur Verfügung standen, die den obigen beiden Forderungen möglicherweise nicht entsprechen. Wenn ich gleichwohl bei den Zwillingen nach (032) aus der Bretagne die vergleichbaren Zentraldistanzen anführe,

des Stauroliths vom St. Gotthard. Sitzungsber. d. Heidelberger Ak. d. Wiss., mat.-nat. Kl., Abt. A, 1915, 10. Abhandlung.

[1] Siehe auch Neugebauer, Kreutz, Tertsch, l. c.

so geschieht dies deshalb, weil hier die größere Anzahl von einfachen Krystallen und Zwillingen, die mir zur Verfügung standen, immerhin die Wahrscheinlichkeit erhöhen, daß jene beiden Forderungen so ziemlich erfüllt werden.

Die vergleichbaren Zentraldistanzen erhält man, wenn man die gemessenen Zentraldistanzen des Zwillings durch den Radius einer Kugel dividiert, die mit dem neben dem Zwilling vorkommenden einfachen Krystall volumsgleich ist oder, was auf dasselbe hinauskommt, wenn man die relativen Zentraldistanzen des Zwillings mit einem Faktor $\frac{R}{r}$ multipliziert, wobei R gleich ist dem Radius der mit dem Zwilling, und r gleich ist dem Radius der mit dem einfachen Krystall volumgleichen Kugel. In unserem Falle ist aber noch zu berücksichtigen, daß die Krystallbilder, die zur Volumsberechnung dienten, Vergrößerungen auf die Höhe gleich 10 *cm* darstellen. Die linearen Vergrößerungen betragen demnach $\frac{10}{h}$, wenn h gleich ist den mittleren wirklichen Höhen der einfachen Krystalle, respektive der Zwillinge. Die Werte von R und r bekommt man nun einfach dadurch, daß man den Radius ρ, der mit dem gezeichneten Mittelkrystall volumgleichen Kugel durch die entsprechende lineare Vergrößerung dividiert:

$$R = \rho \cdot \frac{h}{10} \qquad r = \rho' \cdot \frac{h'}{10}.$$

Es wären nun noch einige Worte über die Aufstellung der Zwillinge und die Bezeichnung ihrer Flächen zu sagen. Die Zwillinge nach (232) wurden durchwegs so aufgestellt, daß die Zwillingsebene die Lage der Fläche $\bar{2}32$ hat, die Zwillinge nach (032) so, daß sie die Lage der Fläche 032 einnimmt. Aus einem später zu erörternden Grunde (p. 655) haben die beiden Individuen eines Zwillings niemals gleiche Größe und Gestalt. Fast immer erscheint das eine Individuum durch das zweite in zwei nicht in Verbindung stehende Teile geteilt, die gegeneinander mehr oder minder verschoben erscheinen, während bei dem zweiten Individuum wenigstens einzelne

Flächen der Grundzone (Zone der c-Achse) von oben nach unten durchlaufen. Dieses weniger verzerrte Individuum wurde in die Grundstellung gebracht und als Ind. 1 bezeichnet. Zeigten, was selten der Fall war, beide Individuen durchlaufende Flächen, so wurde das weniger verzerrte als Grundindividuum aufgefaßt. Die Bezeichnung der Flächen wurde so durchgeführt, daß die Flächensymbole des Zwillingsindividuums nach einer Drehung von 180° um die Zwillingsachse sich mit denen des Grundindividuums decken. Durch oben oder unten den Symbolen beigefügte Striche wird bei jenen Flächen, welche durch das andere Individuum in zwei Teile geteilt werden, angedeutet, ob es sich um die Fläche der Ober- oder die der Unterseite handelt. Das Zwillingsindividuum wird dabei wieder in die Grundstellung gedreht gedacht. Ob die Flächen der Grundzone durchlaufen oder unterbrochen sind, erkennt man in den folgenden Tabellen der Zentraldistanzen dann daran, daß die beiden Teile dieser Flächen entweder gleiche oder ungleiche Zentraldistanzen haben.

Zentraldistanzen der einfachen Krystalle und der Zwillinge.

In den folgenden Tabellen werden angeführt:

1. Die mittleren reduzierten Zentraldistanzen als Red. Zd.;

2. das arithmetische Mittel der Abweichungen zwischen diesen und den reduzierten Zentraldistanzen der einzelnen gemessenen Krystalle als Mittl. Fehler;

3. die relativen Zentraldistanzen als Rel. Zd.;

4. bei den Zwillingen nach ($\bar{2}32$) von Zöptau und Monte Campione und den Zwillingen nach (032) aus der Bretagne die vergleichbaren Zentraldistanzen als Vergl. Zd.

Der Radius der mit dem Mittelkrystall (Höhe = 10 cm) volumgleichen Kugel ist mit ρ bezeichnet, die mittlere wirkliche Höhe der gemessenen Krystalle mit h. $\frac{R}{r}$ ist der Faktor zur Berechnung der vergleichbaren Zentraldistanzen (s. p. 633).

Virtuelle Zentraldistanzen sind durch eckige Klammern [ ] kenntlich gemacht. Da die Zwillinge zentrisch symmetrisch sind, so gelten die angeführten Zentraldistanzen auch für die

parallelen Gegenflächen, wobei zu beachten ist, daß die Gegenfläche z. B. von $1\bar{1}0'$ die Fläche $\bar{1}10_{,}$ ist. Die Zentraldistanzen der Flächen der Oberseite sind also gleich denen der Gegenflächen an der Unterseite und umgekehrt.

I. Trausnitzberg bei Zöptau, Mähren.

Einfache Krystalle.

	001	110	010	101
Red. Zd.	[5·00]	1·11	1·71	2·85
Mittl. Fehler	0·00	0·17	0·33	0·34
Rel. Zd	[2·19]	0·49	0·75	1·25

$\rho = 2 \cdot 282,\ h = 0 \cdot 504\ cm.$

Anzahl der gemessenen Krystalle 7.

Zwillinge nach ($\bar{2}32$).

		001	110'	$110_{,}$	$1\bar{1}0'$	$1\bar{1}0_{,}$	010'	$010_{,}$	101	$\bar{1}01$
Red. Zd.	Ind. 1	[5·00]	2·05	2·05	1·87	1·58	1·04	1·04	3·32	2·39
	Ind. 2	[4·65]	1·96	0·66	1·71	0·69	0·63	0·66	3·45	1·85
Mittl. Fehler	Ind. 1	0·00	0·09	0·09	0·03	0·09	0·29	0·29	—[1]	—[1]
	Ind. 2	0·07	0·07	0·23	0·07	0·18	0·05	0·10	—	—
Rel. Zd.	Ind. 1	[2·01]	0·83	0·83	0·76	0·64	0·42	0·42	1·34	0·96
	Ind. 2	[1·87]	0·79	0·27	0·69	0·28	0·25	0·27	1·39	0·75
Vergl. Zd.	Ind. 1	[5·99]	2·47	2·47	2·27	1·91	1·25	1·25	3·99	2·86
	Ind. 2	[5·57]	2·35	0·80	2·06	0·83	0·75	0·80	4·14	2·24

[1] Die red. Zd. für (101) und ($\bar{1}01$) wurden konstruktiv aus der mittleren Flächenbreite von ($\bar{1}01$) (berechnet für Höhe von Ind. 1 = 10) ermittelt. Sie beträgt bei Ind. 1: 4·46 (mittl. Fehler 0·32), bei Ind. 2: 2·09 (mittl. Fehler 0·24).

$\rho = 2 \cdot 481,\ h = 1 \cdot 38\ cm,\ \frac{R}{r} = 2 \cdot 98.$

Anzahl der gemessenen Zwillinge 3.

II. Monte Campione, Kanton Tessin.

Einfache Krystalle.

	001	110	010	101
Red. Zd.	5·00	0·71	1·14	3·09
Mittl. Fehler ..	0·00	0·16	0·19	0·15
Rel. Zd.	2·91	0·41	0·66	1·80

$\rho = 1{\cdot}718,\ h = 1{\cdot}51\ cm$

Anzahl der gemessenen Krystalle 4.

Zwillinge nach ($\bar{2}32$).

		001	110'	$110_{,}$	$1\bar{1}0'$	$1\bar{1}0_{,}$	010'	$010_{,}$	101	$\bar{1}01$
Red. Zd.	Ind. 1	5·00	2·43	2·43	2·32	1·93	1·23	1·23	4·50	3·07
	Ind. 2	4·94	2·45	1·36	2·28	1·11	0·87	0·92	4·10	3·04
Mittl. Fehler	Ind. 1	0·00	0·73	0·73	0·56	0·62	0·16	0·16	—[1]	—[1]
	Ind. 2	0·51	0·65	0·25	0·43	0·16	0·13	0·26	—	—
Rel. Zd.	Ind. 1	1·63	0·79	0·79	0·75	0·63	0·40	0·40	1·46	1·00
	Ind. 2	1·61	0·80	0·44	0·74	0·36	0·28	0·30	1·33	0·99
Vergl. Zd.	Ind. 1	4·12	2·00	2·00	1·90	1·59	1·01	1·01	3·69	2·53
	Ind. 2	4·07	2·02	1·11	1·87	0·91	0·71	0·76	3·37	2·51

[1] Die red. Zd. für (101) und ($\bar{1}01$) wurden konstruktiv aus den mittleren Flächenbreiten von ($\bar{1}01$) und (001) (berechnet für Höhe von Ind. 1 = 10) ermittelt. Diese betragen
bei Ind. 1: ($\bar{1}01$) = 3·81 (mittl. Fehler 1·26),
(001) = 2·24 (mittl. Fehler 1·26),
bei Ind. 2: ($\bar{1}01$) = 2·08 (mittl. Fehler 0·11),
(001) = 1·81 (mittl. Fehler 0·63).

$\rho = 3{\cdot}073,\ h = 2{\cdot}13\ cm,\ \frac{R}{r} = 2{\cdot}53.$

Anzahl der gemessenen Zwillinge 3.

III. Fannin County, Georgia, U. St. A.

Einfache Krystalle.

	001	110	010	101
Red. Zd.	5·00	1·55	2·01	3·74
Mittl. Fehler . .	0·00	0·15	0·25	0·22
Rel. Zd.	1·74	0·54	0·70	1·30

$\rho = 2·869$, $h = 3·21$ *cm.*

Anzahl der gemessenen Krystalle 2.

Zwillinge nach (032).

		001	110' 1$\bar{1}$0,	110, 1$\bar{1}$0'	010'	010,	101 $\bar{1}$01
Red. Zd.	Ind. 1	5·00	2·66	2·66	3·22	3·03	3·64
	Ind. 2	5·34	2·49	2·61	3·47	3·35	3·79
Mittl. Fehler	Ind. 1	0·00	0·21	0·21	0·50	0·37	0·51
	Ind. 2	0·41	0·21	0·21	0·38	0·44	0·35
Rel. Zd.	Ind. 1	1·11	0·59	0·59	0·72	0·68	0·81
	Ind. 2	1·19	0·55	0·58	0·77	0·75	0·85

$\rho = 4·487$, $h = 2·04$ *cm.*

Anzahl der gemessenen Zwillinge 4.

Zwillinge nach ($\bar{2}32$).

		001	110'	110,	1$\bar{1}$0'	1$\bar{1}$0,	010'	010,	101	$\bar{1}$01
Red. Zd.	Ind. 1	5·00	2·83	2·83	2·42	2·30	3·11	3·11	3·85	4·06
	Ind. 2	5·34	2·89	2·26	2·63	2·22	2·10	2·20	4·34	4·31
Mittl. Fehler	Ind. 1	0·00	0·50	0·50	0·34	0·42	0·60	0·60	— [1]	— [1]
	Ind. 2	0·65	0·73	0·50	0·86	0·46	0·51	0·40	—	—
Rel. Zd.	Ind. 1	1·16	0·66	0·66	0·56	0·53	0·72	0·72	0·89	0·94
	Ind. 2	1·24	0·67	0·53	0·61	0·51	0·49	0·51	1·01	1·00

[1] Die red. Zd. für (101) und ($\bar{1}$01) wurden konstruktiv aus den mittleren Flächenbreiten von ($\bar{1}$01) und (001) (berechnet für Höhe von Ind. 1 = 10) ermittelt. Diese betragen

bei Ind. 1: ($\bar{1}$01) = 2·41 (mittl. Fehler 1·48),
(001) = 2·69 (mittl. Fehler 1·10).
bei Ind. 2: ($\bar{1}$01) = 1·56 (mittl. Fehler 0·72),
(001) = 3·11 (mittl. Fehler 0·87).

$\rho = 4·311$, $h = 208$ *cm*.

Anzahl der gemessenen Zwillinge 13.

IV. Bretagne.

Einfache Krystalle.

	001	110	010	101
Red. Zd.	5·00	2·02	3·84	[4·69]
Mittl. Fehler ..	0·00	0·21	0·48	0·19
Rel. Zd.	1·37	0·55	1·05	[1·28]

$\rho = 3·650$, $h = 2·47$ *cm*.

Anzahl der gemessenen Krystalle 12.

Zwillinge nach (032).

		001	110' $1\bar{1}0_,$	$110_,$ $1\bar{1}0'$	010'	$010_,$	101 $\bar{1}01$
Red. Zd.	Ind. 1	5·00	3·33	3·33	3·80	3·80	5·44
	Ind. 2	5·41	3·03	3·27	3·61	3·77	5·54
Mittl. Fehler	Ind. 1	0·00	0·43	0·43	0·72	0·72	0·64
	Ind. 2	0·82	0·45	0·47	0·93	0·82	0·79
Rel. Zd.	Ind. 1	0·96	0·64	0·64	0·73	0·73	1·04
	Ind. 2	1·04	0·58	0·63	0·69	0·72	1·06
Vergl. Zd.	Ind. 1	1·22	0·81	0·81	0·93	0·93	1·32
	Ind. 2	1·32	0·74	0·80	0·88	0·91	1·35

$$\rho = 5 \cdot 212,\ h = 2 \cdot 21\ cm,\ \frac{R}{r} = 1 \cdot 27.$$

Anzahl der gemessenen Zwillinge 10.

Zwillinge nach (232).

		001	110'	$110_,$	$1\bar{1}0'$	$1\bar{1}0_,$	010'	$010_,$	101	$\bar{1}01$
Red. Zd.	Ind. 1	5·00	2·86	2·86	2·69	2·91	3·71	3·71	5·14	5·16
	Ind. 2	5·06	3·13	2·96	2·49	2·93	3·27	2·51	5·11	5·32
Mittl. Fehler	Ind. 1	0·00	0·70	0·70	0·36	0·57	0·37	0·37	—[1]	—[1]
	Ind. 2	1·11	0·47	0·35	0·48	0·54	0·67	0·72	—	—
Rel. Zd.	Ind. 1	1·02	0·59	0·59	0·55	0·60	0·76	0·76	1·05	1·06
	Ind. 2	1·04	0·64	0·61	0·51	0·60	0·67	0·51	1·05	1·09

[1] Die red. Zd. für (101) und ($\bar{1}01$) wurden konstruktiv aus den mittleren Breiten dieser Flächen (berechnet für Höhe von Ind. 1 = 10) ermittelt. Diese betragen

bei Ind. 1: (101) = 0·51 (mittl. Fehler 0·82),
($\bar{1}01$) = 0·70 (mittl. Fehler 1·12),
bei Ind. 2: (101) = 0·76 (mittl. Fehler 1·22),
($\bar{1}01$) = 0·47 (mittl. Fehler 0·57).

Von den fünf gemessenen Zwillingen zeigte nur einer die (101)-Flächen überhaupt entwickelt, daher ist auch der mittlere Fehler so groß.

$$\rho = 4 \cdot 879,\ h = 2 \cdot 08\ cm.$$

Anzahl der gemessenen Zwillinge 5.

Die Tracht der einfachen Krystalle.

Die einfachen Staurolithkrystalle zeigen mehr oder minder schlanke Säulenform. Bei allen vier untersuchten Fundorten erscheint die Fläche (010) schmäler als das Prisma (110), welches immer die kleinste Zentraldistanz hat (siehe auch Taf. I und II, Fig. 1, 3, 6 und 9). Das Querprisma (101) ist am stärksten bei den Krystallen vom Trausnitzberg entwickelt (Fig. 1). Seine relative Zentraldistanz beträgt hier bloß 1·25. Bei den Krystallen von Fannin tritt es schon etwas zurück (rel. Zd. 1·30), noch mehr dann bei denen vom Mte. Campione (rel. Zd. 1·80). Die einfachen Krystalle aus der Bretagne haben diese Fläche nicht ausgebildet, wenigstens kam mir kein einfacher Krystall mit (101)-Flächen von diesem Fundort unter. Je geringer die rel. Zd. der Flächen (110) bei diesen vier Fundorten ist, desto größer ist die der Endfläche. Die Krystalle von Zöptau zeigen bei der starken Ausbildung des Querprismas (101) die Fläche (001) überhaupt nicht entwickelt.

Die Tracht der Zwillinge nach (232).

Anders verhalten sich die Flächen bei den Zwillingen nach $(\bar{2}32)$. Auffallend ist vor allem die Abplattung nach (010), die in den Zeichnungen (Taf. I und II, Fig. 2, 4, 5, 8 und 11) deutlich erkennbar ist und durch die kleineren rel. Zd. dieser Flächen auch zahlenmäßig zum Ausdruck kommt. Besonders stark ist dies immer beim Ind. 2 zu erkennen, wo sich auch die Flächen ein wenig verschieden verhalten, je nachdem sie der Ober- oder der Unterseite angehören. Meist ist die rel. Zd. der $(010_{,})$ des Ind. 2 etwas größer als die der $(010')$. [Für die Fläche $0\bar{1}0$ gilt als Gegenfläche die Umkehrung: rel. Zd. von $(0\bar{1}0')$ größer als die von $(0\bar{1}0_{,})$]. — Wie aus den Tabellen hervorgeht, macht der Zwilling nach $(\bar{2}32)$ aus der Bretagne in dieser Beziehung eine Ausnahme, die aber wohl durch mangelhaftes Untersuchungsmaterial hervorgerufen ist. — Verschieden ist dann auch das Verhalten der Flächen (101) und $(\bar{1}01)$. Die rel. Zd. der (101) sind, besonders bei den Zwillingen vom Trausnitzberg und vom Mte. Campione, größer als die der $(\bar{1}01)$.

Bei den Zwillingen von Fannin und von der Bretagne läßt sich das nicht erkennen, da die zum Teil entgegengesetzten Abweichungen innerhalb der Fehlergrenzen liegen. Für die Endflächen (001) ist die Abnahme der rel. Zd. bei den Zwillingen im Vergleich zu den einfachen Krystallen sehr charakteristisch. Von großem Interesse für die Zwillingsverzerrung ist schließlich das Verhalten der aufrechten Prismen.[1] Zum Unterschied von den einfachen Krystallen sind die rel. Zd. der Flächen (110) und ($1\bar{1}0$) verschieden voneinander. Die rel. Zd. der (110′) erscheint immer größer als die entsprechende der einfachen Krystalle und größer als die der übrigen aufrechten Prismen des Zwillings auch dann, wenn (110) durchlauft (bei Ind. 1). Die zweitgrößte Zentraldistanz besitzt die Fläche ($1\bar{1}0'$), auch sie ist noch größer als die entsprechende des einfachen Krystalls. Die rel. Zd. der Flächen ($110_{,}$)[2] und ($1\bar{1}0_{,}$) sind meist weit kleiner, nähern sich denen der einfachen Krystalle oder sind, namentlich im Ind. 2, sogar noch kleiner als diese.

Aus diesen Angaben geht schon hervor, daß durch die gesetzmäßigen Verzerrungen die Zwillingsindividuen den rhombischen Habitus der einfachen Krystalle verlieren. Wenn man die Zentraldistanzen berücksichtigt, bleibt bloß das Symmetriezentrum erhalten und jedes der beiden Zwillingsindividuen bekommt einen triklin holoedrischen Habitus. Da weiters aus später zu besprechenden Ursachen die beiden Zwillingsindividuen verschiedene Gestalt haben, so erscheint auch die Zwillingsebene nicht als Symmetrieebene und die dazu senkrechte Zwillingsachse nicht als zweizählige Deckachse. Es besitzt also auch der ganze Zwilling nach ($\bar{2}32$) bloß einen triklin holoedrischen Habitus.

Um die Verzerrungen bei den Zwillingen zahlenmäßig verfolgen zu können, sind in der folgenden Tabelle die Quotienten $\frac{D}{d}$ angeführt; dabei bezeichnet D die vergleichbaren

[1] Die rel. Zd. dieser Flächen bei dem Zwilling aus der Bretagne folgen den nachstehenden Ausführungen infolge der Mangelhaftigkeit des Materials nur teilweise.

[2] Wenn (110) nicht durchlauft.

Zentraldistanzen des Zwillings, d die relativen Zentraldistanzen des einfachen Krystalls. $\frac{D}{d}$ gibt also an, um wievielmal die Wachstumsgeschwindigkeiten normal zu den betreffenden Flächen im Zwilling größer sind als im einfachen Krystall.

$\frac{D}{d}$ der Zwillinge nach $(\bar{2}32)$.

		001	110'	110,	1$\bar{1}$0'	1$\bar{1}$0,	010'	010,	101	$\bar{1}$01
Trausnitzberg	Ind. 1	—	5·0	5·0	4·6	3·9	1·7	1·7	3·2	2·3
	Ind. 2	—	4·8	1·6	4·2	1·7	1·0	1·1	3·3	1·8
Mte. Campione	Ind. 1	1·4	4·8	4·8	4·6	3·9	1·5	1·5	2·1	1·4
	Ind. 2	1·4	4·9	2·7	4·5	2·2	1·1	1·1	1·9	1·4

Wie man aus der Tabelle sieht, ist die Wachstumsgeschwindigkeit senkrecht zur Fläche (110') am stärksten vergrößert, etwas weniger die senkrecht zu (1$\bar{1}$0'); weit geringer ist diese Vergrößerung bei den entsprechenden Flächen der Unterseite (110,) und (1$\bar{1}$0,), sobald (110) nicht wie beim Ind. 1 durchlauft. Von den Querprismen zeigt die Normale auf (101) eine ziemlich beträchtliche, die auf ($\bar{1}$01) aber eine ziemlich geringe Zunahme der Wachstumsgeschwindigkeit. Auch die Zunahme bei der Endfläche (001) ist unbeträchtlich. Am wenigsten ändert sich die Wachstumsgeschwindigkeit senkrecht auf (010).

Wie Becke schon in seiner Arbeit über den Dolomit[1] betonte, findet eine Beschleunigung des Wachstums bei den Zwillingen hauptsächlich längs der Zwillingsgrenze statt, und zwar in Richtungen, die beiden Individuen eines Zwillings gemeinsam sind. In einer stereographischen Projektion erkennt man diese Richtungen an dem Zusammenfallen von ihnen entsprechenden Zonen beider Individuen.

[1] F. Becke. Ein Beitrag zur Kenntnis der Krystallformen des Dolomit. Tschermak's Min.-petrogr. Mitt., *10*, 1889, p. 135.

In der nachstehenden Projektion (Fig. 1) sind die Flächen des Zwillings nach (232) eingetragen. Außer den dünn ausgezogenen Achsenzonen des Grundindividuums sind als starke

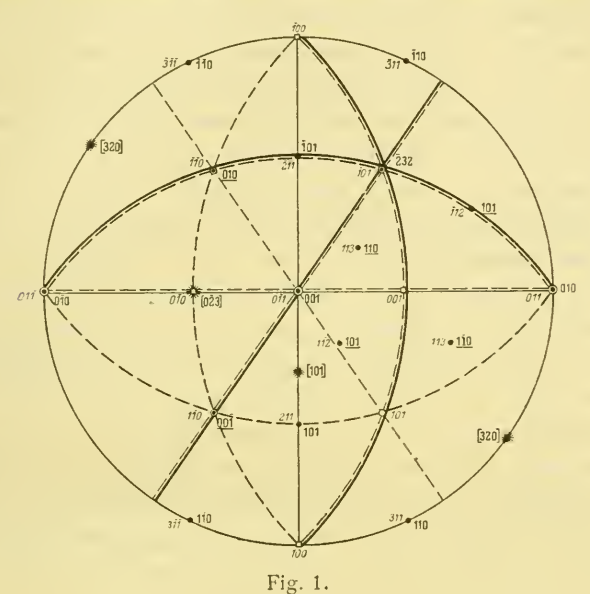


Fig. 1.

Zwilling nach ($\bar{2}32$).

- ● Flächen des Staurolithzwillings,
- o Rhombendodekaeder.
- ☐ Würfel,
- h k l Indizes des Grundindividuums,
- <u>h k l</u> Indizes des Zwillingsindividuums,
- *h k l* Indizes eines tesseralen Krystalls,
- —— Achsenzonen des Grundindividumms,
- — — — Kantenzonen des Rhombendodekaeders und des Würfels,
- ━━━ wichtige gemeinsame Zonen des Zwillings,
- ∗ Austrittspunkte der gemeinsamen Zonenachsen,
- [h k l] dazugehöriges Zonenzeichen.

Linien jene gemeinsamen Zonen eingezeichnet, welche von der Zwillingsebene ($\bar{2}32$) zu den drei Endflächenpaaren jedes der beiden Individuen laufen. Es sind dies die einfachsten Zonen, die von der Zwillingsebene aus gelegt werden können.

ihre Achsen werden daher, wenn man an das Raumgitter des Krystalls denkt, relativ am reichsten mit Molekeln besetzt sein und den stärksten Einfluß auf die Zwillingsverzerrung besitzen. Das einfachste Zonenzeichen als primäre Radialzone [101] hat die Zone $(\bar{2}32)$ — $(\bar{1}01)$. Die Beschleunigung des Wachstums in der Richtung der Achse dieser Zone bewirkt vor allem die starke Vergrößerung der vergleichbaren Zentraldistanzen derjenigen Flächen des aufrechten Prismas, die an der Zwillingsgrenze liegen, d. i. $(110')$ und $(1\bar{1}0')$. Den Flächen $(\bar{1}01)$ und (010) geht diese Wachstumsrichtung parallel, deren Zentraldistanzen werden durch sie also nicht beeinflußt. Da die Wirkung der gemeinsamen Richtungen auf die Zentraldistanzen, wie schon frühere Untersuchungen zeigten, um so mehr sinkt, je weiter die betreffenden Flächen von der Zwillingsgrenze entfernt sind, so ist die Zunahme der vergl. Zd. der Fläche (101) geringer als bei den aufrechten Prismen, trotzdem die Normale auf 101 einen viel kleineren Winkel mit der Zonenachse einschließt. Deutlich läßt sich aber erkennen, daß (101) eine größere Zentraldistanz besitzt als die unbeeinflußte $(\bar{1}01)$. Die Fläche (001) liegt von der Zwillingsgrenze noch weiter ab, wird also noch weniger beeinflußt.

Von viel geringerer Wirkung als die Zone [101] sind die beiden anderen Zonen $(\bar{2}32)$ — $(001) = [320]$ und $(\bar{2}32)$ — $(100) =$ $= [0\bar{2}3]$. Die Zonenachse von [320] geht parallel der Endfläche (001) und nahezu parallel dem Prisma $(1\bar{1}0)$, während sie das Wachstum senkrecht zu $(110')$ befördert; sie verursacht also die Verschiedenheit der Zentraldistanzen von $(110')$ und $(1\bar{1}0')$. Auch für die, wenn auch recht geringe Vergrößerung der Zentraldistanz von $(010_{\prime})$ gegenüber der von $(010')$ bei dem Ind. 2 kann diese Achsenzone mit die Ursache sein. Die gleiche Wirkung hat aber auch die dritte der gemeinsamen, wichtigen Zonen $[0\bar{2}3]$. Wenn die Zonen [320] und [101] nicht beiden Individuen gemeinsam wären — bei den Zwillingen nach (032) ist dies der Fall —, so würde die Zonenachse von [023] das Wachstum senkrecht zu $(1\bar{1}0')$ und $(110_{\prime})$ befördern. Dem wirken aber die beiden genannten Zonen entgegen. [101] befördert das Wachsen senkrecht zu $(1\bar{1}0')$ und $(110')$ stark und in gleicher Weise, die Achse von

[320] aber schließt mit der Normalen auf (110) den kleineren Winkel ein als die Achse von [$0\bar{2}3$] mit der Normalen auf ($1\bar{1}0$) und ist daher von größerem Einfluß als letztere. Die Vergrößerung der Zentraldistanzen von (101) und ($\bar{1}01$) bewirkt sowohl die Zone [320] als auch die Zone [$0\bar{2}3$], und zwar bei beiden Flächen in gleichem Maße.

Aus der Projektion (Fig. 1) ist auch ersichtlich, daß die Flächen des Zwillings ganz oder nahezu mit Flächen eines tesseralen Krystalls zusammenfallen,[1] der so aufgestellt ist, daß die *a*-Achse parallel der *a*-Achse des Stauroliths bleibt, die *b*- und *c*-Achse aber gegen die entsprechenden Achsen des Stauroliths unter 45° geneigt sind, d. h. daß eine Fläche des Rhombendodekaeders an die Stelle der Endfläche des Stauroliths gelangt. Wie man aus der Zeichnung ersieht, nehmen (001), (010) und die Zwillingsebene ($\bar{2}32$) — letztere annähernd — die Lage von Rhombendodekaederflächen, die Flächen des Querprismas und des aufrechten Prismas die Lage von Flächen des Ikositetraeders (112), respektive (113) ein. Die drei wichtigen gemeinsamen Zonen aber fallen nahezu mit zwei Kantenzonen des Rhombendodekaeders — [101] = = *[$1\bar{1}1$]*, [320] = *[111]* — und einer tesseralen Achsenzone — [$0\bar{2}3$] = *[010]* — zusammen.

Nach allem bisher Gesagten läßt sich bei den Zwillingen nach ($\bar{2}32$) also erkennen, daß die Verzerrung durch beschleunigtes Wachsen in bestimmten Richtungen hervorgerufen wird. Diese Richtungen erscheinen als Achsen wichtiger gemeinsamer Zonen des Zwillings. Die Wirkung dieser gemeinsamen Richtungen ist um so stärker, je einfacher das Zeichen der Zone ist, deren Achse die betreffende Richtung darstellt. Am stärksten werden die Zentraldistanzen dort vergrößert, wo die Normalen auf die Flächen mit den gemeinsamen Richtungen einen kleineren Winkel einschließen und wo die betreffenden Flächen an einer Zwillingsgrenze liegen, die mit

[1] Auf Beziehungen zwischen den Winkeln des Stauroliths und denen des tesseralen Systems wurde schon von C. S. Weiss (Berl. Ak., 1831, p. 312), Websky (Pogg. Ann., 1863, *118*, p. 255), Mallard (Bull. soc. min., Paris, 1884, *7*, p. 381) und Cesàro (Bull. soc. min., Paris, 1887, *10*, p. 244) hingewiesen.

der Zwillingsebene zusammenfällt, also dort, wo diese Richtungen zwischen den Normalen auf die Flächen der beiden Zwillingsindividuen liegen.[1] Die Folge des beschleunigten Wachstums nach bestimmten Richtungen ist dann auch, daß die Zwillinge größer sind als die einfachen Krystalle.

Ich möchte hier noch auf das Porträt eines nur einseitig ausgebildeten Zwillings vom Mte. Campione (Taf. I, Fig. 5) aufmerksam machen. In dem spitzen einspringenden Winkel der beiden Individuen, der von der Zwillingsebene getroffen wird, reagiert das Grundindividuum stark auf die Wirkung der gemeinsamen Richtungen. — Stärkeres Wachsen der Prismenflächen und hierdurch Vergrößerung von (010). — Im stumpfen einspringenden Winkel, der von der Zwillingsebene nicht getroffen wird, ist das Grundindividuum hingegen ähnlich ausgebildet wie die einfachen Krystalle.

Die Tracht der Zwillinge nach (032).

Auch bei diesen Zwillingen kann man eine Beeinflussung der Tracht durch die Zwillingsbildung erkennen, wenngleich sie nicht so groß ist wie bei den Zwillingen nach ($\bar{2}32$). Sie zeigt sich vor allem durch die Verkürzung der relativen Zentraldistanz von (001), die in gleichem Maße erfolgt wie bei den Zwillingen nach ($\bar{2}32$). Die relativen Zentraldistanzen der Flächen (110) und ($1\bar{1}0$) erscheinen erhöht. Beim Zwillingsindividuum (Ind. 2) kann man auch beobachten, daß die Wachstumsgeschwindigkeiten senkrecht auf ($110_{\prime}$) und ($1\bar{1}0'$) gleich sind und größer als die senkrecht auf ($110'$) und ($1\bar{1}0_{\prime}$). Wenn die Flächen des aufrechten Prismas nicht durchlaufen, so erscheint daher die Kante zwischen (110) und ($1\bar{1}0$) jeweils gegen die Zwillingsebene hin verschoben (siehe Taf. I, Fig. 7, und Taf. II, Fig. 10). Die relativen Zentraldistanzen der Flächen (101) und ($\bar{1}01$) sind kleiner als bei den einfachen Krystallen,

[1] Ähnliche Beobachtungen machte St. Kreutz bei Zwillingen von Calcit (Über die Ausbildung der Krystallform bei Calcitzwillingen. Denkschr. d. k. Ak. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., *80*, 1906, p. 15. — Einspringende Winkel und Wachstumsgeschwindigkeit an Calcitzwillingen. Tschermak's Min.-Petr. Mitt., *28*, 1909, p. 490).

was durch die gedrungenere Form der Zwillinge bedingt wird, und einander gleich.

Wie aus diesen Angaben hervorgeht. verlieren auch die Zwillinge nach (032) durch die gesetzmäßigen Verzerrungen den rhombischen Habitus der einfachen Krystalle. Von den ursprünglichen drei Symmetrieebenen bleibt bloß jene || (100) erhalten. die senkrecht auf der Zwillingsebene steht, von den drei zweizähligen Deckachsen bloß die *a*-Achse, die der Zwillingsebene parallel geht. Zwillingsebene und Zwillingsachse sind bei der Ungleichheit der beiden Individuen keine Symmetrieelemente des Zwillings. Da durch die gesetzmäßige Verzerrung das Symmetriezentrum nicht verloren geht, hat der Zwilling nach (032) den Habitus eines holoedrischen monoklinen Krystalls.

Um das Verhältnis der Wachstumsgeschwindigkeiten im Zwilling und im einfachen Krystall darzustellen, sind in der folgenden Tabelle die Quotienten $\frac{D}{d}$ für die Krystalle aus der Bretagne angeführt (D = vergleichbare Zd. des Zwillings, d = relative Zd. des einfachen Krystalls).

$\frac{D}{d}$ des Zwillings nach (032) aus der Bretagne.

	001	110' / $1\bar{1}0$,	110, / $1\bar{1}0'$	010'	010,	101 / $\bar{1}01$
Ind. 1......	0·9	1·5	1·5	0·9	0·9	[1·0] [1]
Ind. 2......	1·0	1·3	1·5	0·8	0·9	[1·1]

[1] Im einfachen Krystall ist die Zentraldistanz der Flächen des Querprismas virtuell.

Da die Zahlen für die vergleichbaren Zentraldistanzen aus dem p. 632 angeführten Grunde nur ziemlich rohe Annäherungswerte sein dürften, so sind die Werte von $\frac{D}{d}$ nur mit einer gewissen Vorsicht zu gebrauchen. Das Verhältnis der Zahlen zueinander ist richtig, die absoluten Werte der

Zahlen erscheinen aber zu niedrig, da es den bisherigen Erfahrungen widersprechen würde, daß die Wachstumsgeschwindigkeiten im Zwilling zum Teil kleiner sind $\left(\frac{D}{d} < 1\right)$ als im einfachen Krystall. Mit Sicherheit geht aus diesen Zahlen aber hervor, daß die größte Beschleunigung des Wachstums senkrecht zu den Flächen des Zwillings bei (110) und (1$\bar{1}$0) eintritt. Sind diese Flächen in zwei nicht zusammenhängende Teile getrennt (bei Ind. 2), so wachsen ($110_{\prime}$) und (1$\bar{1}$0′) rascher vorwärts. Wie schon oben erwähnt, sind das jene Teile, die an der Zwillingsebene liegen. Die Flächen (101) und ($\bar{1}$01) verhalten sich gleich und scheinen eine, wenn auch wohl geringe Vergrößerung der Wachstumsgeschwindigkeit in der Richtung ihrer Normalen zu erleiden. Dabei ist zu bemerken, daß schon bei den einfachen Krystallen aus der Bretagne (Taf. II, Fig. 9) diese Wachstumsgeschwindigkeit so groß ist, daß die Flächen gar nicht zur Ausbildung gelangen. Bei den übrigen Flächen des Zwillings ist keine wesentliche Änderung ihrer Zentraldistanzen zu beobachten. Vielleicht wäre noch darauf hinzuweisen, daß augenscheinlich die Fläche ($010_{\prime}$) etwas rascher vorgeschoben wird als (010′).

Zur Erklärung der Verzerrung durch das beschleunigte Wachsen nach gemeinsamen Zonenachsen des Zwillings ist die nachstehende stereographische Projektion gegeben (Fig. 2). Wieder sind außer den Flächen des Zwillings und den fein ausgezogenen Achsenzonen des Grundindividuums die einfachsten, gemeinsamen Zonen des Zwillings als starke Linien und die Austrittspunkte ihrer Achsen als Sterne eingezeichnet. Wie man sieht, ist bei den Zwillingen nach (032) die Achsenzone (010) — (001) = [100] beiden Individuen gemeinsam. Sie hat als einfachste Zone auch auf die Zwillingsverzerrung den größten Einfluß und bedingt das Vorschieben der Flächen des aufrechten Prismas. Da die Achse dieser Zone den Flächen (001) und (010) parallel geht, wird deren Zentraldistanz nicht beeinflußt, wohl aber kann das Wachstum senkrecht (101) und ($\bar{1}$01) vergrößert werden, wenn auch nicht stark, da diese Flächen nicht an der Zwillingsgrenze liegen und von der Zonenachse auch weiter entfernt sind als

die Flächen des aufrechten Prismas. Das verschieden starke Reagieren von $(110_{\prime})$ und $(110')$, respektive von $(1\bar{1}0')$ und $(1\bar{1}0_{\prime})$ beim Zwillingsindividuum (Ind. 2) ist schon dadurch erklärlich, daß bloß $(110_{\prime})$ und $(1\bar{1}0')$ an jener Zwillings-

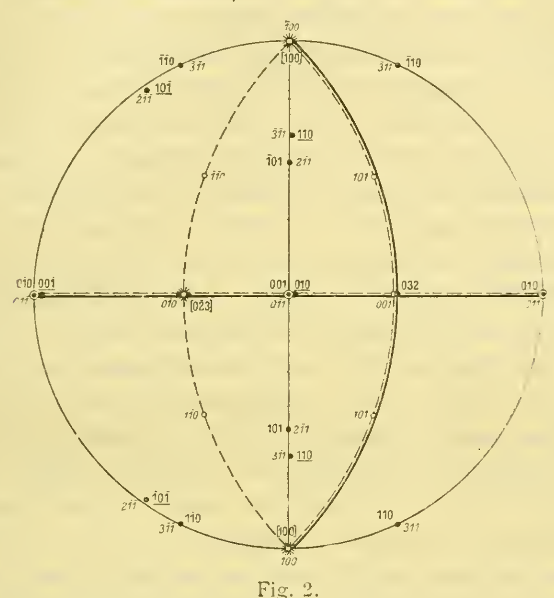


Fig. 2.

Zwilling nach (032).

- ● Flächen des Staurolithzwillings,
- ○ Rhombendodekaeder,
- ☐ Würfel,
- h k l Indizes des Grundindividuums,
- <u>h k l</u> Indizes des Zwillingsindividuums,
- *h k l* Indizes eines tesseralen Krystalls,
- ——— Achsenzonen des Grundindividuums,
- — — Achsenzonen eines tesseralen Krystalls,
- **———** wichtige gemeinsame Zonen des Zwillings,
- * Austrittspunkte der gemeinsamen Zonenachsen,
- [h k l] dazugehöriges Zonenzeichen.

grenze liegen, die mit der Zwillingsebene zusammenfällt, und daher stärker vorgeschoben werden. Die gleiche Wirkung hat aber auch die zweite gemeinsame Zone (032) — (100) = = $[0\bar{2}3]$. Deren Achse befördert, wie aus der Projektion

ersichtlich ist, ebenfalls das Wachstum senkrecht zu $(\bar{1}10_{,})$ und $(110_{,})$, respektive den Gegenflächen $(1\bar{1}0')$ und $(\bar{1}\bar{1}0')$. Auch die Zentraldistanzen der Flächen des Querprismas (101) und $(\bar{1}01)$ können durch diese gemeinsame Richtung vergrößert werden und schließlich könnte man auch die geringe Vergrößerung der Wachstumsgeschwindigkeit senkrecht zu $(0\bar{1}0') = (010_{,})$ gegenüber $(0\bar{1}0_{,}) = (010')$ durch sie erklären.

Auch die Zwillinge nach (032) lassen eine Ähnlichkeit mit den Winkeln eines tesseralen Krystalls erkennen. Die Aufstellung des tesseralen Krystalls ist die gleiche wie bei den Zwillingen nach $(\bar{2}32)$. — *(100)* || (100) und *$(01\bar{1})$* || (001) (siehe Fig. 2). — Die Zwillingsebene (032) fällt dann mit einer Würfelfläche nahezu zusammen, die Endflächen (001) und die Längsflächen (010) beider Individuen mit Rhombendodekaederflächen. Die Flächen des aufrechten Prismas und die des Querprismas kommen mehr oder minder genau in die Lage von Flächen des Ikositetraeders (113), respektive (112). Wie aus der Projektion ersichtlich ist, sind die beiden gemeinsamen Zonen des Zwillings aber dann nichts anderes als Achsenzonen des tesseralen Krystalls.

Zusammenfassend läßt sich also aussagen, daß die Verzerrungen des Zwillings nach (032) hauptsächlich durch eine Vermehrung des Wachstums in der Richtung der a-Achse hervorgerufen werden. Auch hier macht sich der Einfluß dieser gemeinsamen Richtung vor allem dort geltend, wo die beiden Zwillingsindividuen parallel der Zwillingsebene verwachsen. Dadurch werden bei dem nicht durchlaufenden Individuum (Ind. 2) die Kanten zwischen (110) und $(1\bar{1}0)$ auf der Ober- und Unterseite gegen einander verschoben, was uns in die Lage versetzt, ohne Winkelmessung zu erkennen, welche von den beiden Verwachsungsflächen die Zwillingsebene ist. Sie ist immer jene Verwachsungsfläche, der die Kante zwischen $(110')$ und $(1\bar{1}0')$, respektive $(110_{,})$ und $(1\bar{1}0_{,})$ nähergerückt erscheint.

Die Lageverzerrung.

Außer der besprochenen Zwillingsverzerrung kann man sowohl an den einfachen Krystallen als auch an den Zwil-

lingen eine Verzerrung beobachten, die durch die Lage des Minerals in dem geschieferten Muttergestein (Glimmerschiefer) hervorgerufen wird.

Ist in dem Muttergestein oder der Lösung, in der irgendein Krystall sich bildet, keine Richtung von den anderen verschieden, so würde dieser Krystall die Oberfläche einer Kugel annehmen, wenn seine Wachstumsgeschwindigkeit nach allen Seiten gleich wäre, ein Fall, wie er etwa bei einem radialstrahligen Aggregat eintritt, bei dem die Radialrichtungen immer die gleichen krystallographischen Richtungen sind. Die relativen Zentraldistanzen geben nun an, wievielmal die Wachstumsgeschwindigkeiten in den Richtungen der Flächennormalen des Krystalls größer oder kleiner sind als die — gleich 1 gesetzte — Wachstumsgeschwindigkeit der mit dem Krystall volumgleichen Kugel (siehe p. 631). Chemisch gleiche Krystalle, die aus einem Medium auskrystallisieren, das keine von den anderen ausgezeichnete Richtung besitzt, müssen bei gleichen Flächen auch zumindest annähernd gleiche relative Zentraldistanzen haben.

Anders bei Krystallen, die in einem Medium wie etwa ein krystalliner Schiefer gebildet wurden, bei dem nur in der Schieferungsebene alle Richtungen gleich sind, während Richtungen unter verschiedenen Winkeln zur Schieferungsebene sich verschieden verhalten. In der Schieferungsebene ist die Wachstumsgeschwindigkeit einer bestimmten Flächennormale am größten, senkrecht zu ihr wäre sie am geringsten. Die relativen Zentraldistanzen einer Fläche müssen daher verschieden sein, wenn die Flächennormale unter verschiedenen Winkeln gegen die Schieferungsebene geneigt ist. Das oben erwähnte radialfaserige Aggregat müßte in diesem Fall eine Oberflächenform ähnlich der eines Rotationsellipsoids annehmen. Es liegt daher nahe, zur Berechnung der relativen Zentraldistanzen hier nicht den Radius einer volumgleichen Kugel, sondern den Halbmesser eines abgeplatteten Rotationsellipsoids zu benutzen, dessen Drehungsachse senkrecht zur Schieferung steht. Diese korrigierten relativen Zentraldistanzen müßten dann bei gleichen Flächen gleich bleiben, gleichgültig wie der Krystall in dem geschieferten Gestein liegt.

Die Halbmesser des volumgleichen Rotationsellipsoids kann man mittels der Mittelpunktspolargleichung der Ellipse $\rho^2 = \frac{b^2}{1-\varepsilon^2 \cos^2 \varphi}$ [1] folgendermaßen berechnen.

Gegeben seien die auf den Radius einer volumgleichen Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen d_1 und d_2 derselben Flächenart von zwei Krystallen in zwei verschiedenen Lagen, die durch die Winkel φ_1 und φ_2 der Flächennormalen mit der Schieferungsebene charakterisiert sind. Man setzt vorerst $d_1^2 = \frac{b^2}{1-\varepsilon^2 \cos^2 \varphi_1}$ und $d_2^2 = \frac{b^2}{1-\varepsilon^2 \cos^2 \varphi_2}$. Daraus ergibt sich b^2 und ε^2. Aus diesen beiden läßt sich nach der Formel $a^2 = \frac{b^2}{1-\varepsilon^2}$ auch die große Halbachse a der Ellipse berechnen. Aus der angeführten Mittelpunktspolargleichung der Ellipse bekommt man die den verschiedenen φ entsprechenden Werte für ρ. Diese Werte sind aber noch nicht ohne weiteres zur Berechnung der korrigierten relativen Zentraldistanzen zu verwenden, da wir durch Rotation der so berechneten Ellipse um die b-Achse nicht ein volumgleiches Rotationsellipsoid bekommen und da die beiden Krystalle selbst nicht gleiches Volum besitzen. Das berechnete Rotationsellipsoid ist den beiden mit den Krystallen volumgleichen Ellipsoiden aber »ähnlich« und besitzt das gleiche Verhältnis der Achsen $a : b$. Das Volum dieses ähnlichen Rotationsellipsoids $\left(v = \frac{4}{3} a^2 b \pi\right)$ sei v, die Volumina der mit den zwei Krystallen volumgleichen Ellipsoide seien V_I und V_{II}. Die halben Durchmesser P_I und P_{II} sind dann gleich $\rho \sqrt[3]{\frac{V_I}{v}}$ und $\rho \sqrt[3]{\frac{V_{II}}{v}}$. Anal. wie früher (p. 631) kommt man zu den korrigierten relativen Zentraldistanzen, wenn man die reduzierten Zentraldistanzen der Flächen dividiert durch die — der Lage der Flächennormalen entsprechenden — Halbmesser P der volumgleichen Rotationsellipsoide. Eine

[1] ρ = halber Durchmesser der Ellipse, b = kleine Achse, ε = numerische Exzentrizität, φ = Winkel zwischen ρ und langer Ellipsenachse.

Probe, ob die Annahme dieser Rotationsellipsoide als Vergleichskörper richtig ist, ist dann die, daß die so berechneten korrigierten relativen Zentraldistanzen der beiden Krystalle aus demselben Muttergestein für gleiche Flächen gleich groß sein sollen.

In den folgenden Tabellen sind nun die zur obigen Berechnung der korrigierten relativen Zentraldistanzen nötigen Werte für zwei einfache Staurolithkrystalle aus der Bretagne angeführt. — Die Stufe verdanke ich der Freundlichkeit von Herrn phil. Wilh. Koppi. — Der eine Krystall (I) ist in dem feinkörnigen Glimmerschiefer so gelagert, daß die krystallographischen Achsen b und c der Schieferung parallel liegen, während bei Krystall II die b-Achse zwar in der Schieferungsebene liegt, die c-Achse aber gegen diese unter etwa 45° geneigt ist. Man kann sofort sehen, daß der Krystall I länger und schmäler, II aber kürzer und breiter ausgebildet ist. Dies spricht sich auch in den reduzierten und den auf die volumgleiche Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen aus, die im folgenden nebst den Winkeln φ,[1] welche die Flächennormalen der beiden Krystalle mit der Schieferungsebene einschließen, angeführt sind.

		001	110	010
Red. Zd.	I	5·00	1·44	3·02
	II	5·00	2·00	3·64
Rel. Zd.	I	1·70	0·49	1·03
	II	1·39	0·55	1·01
φ	I	0°	64° 40′	0°
	II	45°	40°	0°

$$\left. \begin{array}{l} V_{I} = 106 \cdot 15\, cm^3 \\ V_{II} = 196 \cdot 65\, cm^3 \end{array} \right\} \text{berechnet aus der red. Zd.}$$

Aus den relativen Zentraldistanzen der Fläche (001) und den entsprechenden Winkeln φ wird, wie oben angedeutet, b^2 und ε^2 einer Ellipse berechnet, die den erzeugenden

[1] Diese Winkel lassen sich aus einer stereographischen Projektion, in der die Schieferungsebene eingetragen ist, leicht ablesen.

Ellipsen der volumgleichen Rotationsellipsoide »ähnlich« ist. Man erhält:

$$b^2 = 1\cdot451 \text{ und } \varepsilon^2 = 0\cdot498,$$

somit auch

$$a^2 = 2\cdot89, \qquad b = 1\cdot205.$$

Das Volum v des »ähnlichen« Rotationsellipsoids ergibt sich aus der Formel $v = \frac{4}{3} a^2 b \pi$ mit $14\cdot587\, cm^3$. Der Wert für $\sqrt[3]{\frac{V_I}{v}}$ beträgt 1·938, für $\sqrt[3]{\frac{V_{II}}{v}}$ 2·380. In der folgenden Tabelle sind dann die Werte für $\rho = \sqrt{\frac{1\cdot451}{1-0\cdot498.\cos^2\varphi}}$, dann $P_I = \rho \times 1\cdot938$ und $P_{II} = \rho \times 2\cdot38$ und schließlich die korrigierten relativen Zentraldistanzen (kor. Zd.) eingetragen.

		001	110	010
ρ	I	1·70	1·264	1·70
	II	1·39	1·432	1·70
P	I	3·295	2·450	3·295
	II	3·308	3·408	4·046
Kor. Zd.	I	1·52	0·59	0·92
	II	1·51	0·59	0·90

Wie man aus den Zahlen für die korrigierten relativen Zentraldistanzen ersieht, erscheinen diese tatsächlich für beide Krystalle nahezu gleich. Es besteht daher die Annahme zu Recht, daß in dem geschieferten Gestein die Lageverzerrung bewirkt, daß, abgesehen von den Verschiedenheiten der Richtungen im Krystall, die Wachstumsgeschwindigkeiten sich so verhalten wie die halben Durchmesser eines Rotationsellipsoids, das uns bekannt ist, wenn wir für zwei Krystalle die auf die Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen derselben Flächenart für zwei verschiedene, durch den Winkel φ der Normalen mit der Schieferungsebene charakterisierte Lagen kennen.

Besteht aber diese Annahme für die einfachen Krystalle zu Recht, so muß sie auch für die Zwillinge Geltung haben, die in geschiefertem Gestein auftreten.

Wir erinnern uns hierbei, daß, namentlich bei den Zwillingen nach ($\bar{2}32$), große Verschiedenheiten zwischen Ind. 1 und Ind. 2 zu beobachten sind, die nicht allein durch die Zwillingsbildung hervorgerufen sein können. Liegen die beiden Zwillingsindividuen verschieden zur Schieferungsebene, so müssen aber infolge der Lageverzerrung die beiden Individuen verschiedene Gestalt bekommen. So wie bei den einfachen Krystallen ist es aber auch bei den Zwillingen möglich, sobald man ihre Lage zur Schieferungsebene kennt, die korrigierten relativen Zentraldistanzen zu berechnen. Dadurch daß man die Zentraldistanzen nicht auf eine volumgleiche Kugel, sondern auf das volumgleiche Rotationsellipsoid bezieht, müssen die Unterschiede, welche die Lageverzerrung hervorbringt, fallen. Die korrigierten relativen Zentraldistanzen müssen also für gleiche Flächen der beiden Individuen streng genommen gleich sein. Da es aber schwer möglich ist, die Lage der Schieferungsebene genau zu bestimmen und Unregelmäßigkeiten im Wachstum nicht ausgeschaltet werden können und da ferner das Rotationsellipsoid doch nur angenähert die Beeinflussung des Wachstums im geschieferten Gestein darstellt, so wird man sich damit begnügen müssen, daß die Unterschiede zwischen gleichen Flächen beider Individuen zwar nicht ganz verschwinden, aber doch weit geringer sind als bei Berechnung der relativen Zentraldistanzen mittels des Radius einer volumgleichen Kugel.

Der Gang der Berechnung der korrigierten relativen Zentraldistanzen ist derselbe wie bei den einfachen Krystallen. Man geht von den auf die Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen derselben Flächenart von Individuum 1 und 2 des Zwillings aus, deren Winkel φ (Flächennormale zur Schieferung) bei beiden Individuen verschieden sind und berechnet sich daraus die Hauptachsen a und b der »ähnlichen« Ellipse und deren Halbmesser ρ für die den verschiedenen Flächennormalen entsprechenden Winkel φ. Die Halbmesser des volumgleichen Rotationsellipsoids P bekommt man wieder

nach der Formel $P = \rho \times \sqrt[3]{\frac{V}{v}}$, wobei V = Volum des Zwillings, berechnet aus den reduzierten Zentraldistanzen, und v = Volum des »ähnlichen« Rotationsellipsoids. Die korrigierten relativen Zentraldistanzen sind dann wieder die Quotienten: reduzierte Zentraldistanz, dividiert durch entsprechenden halben Durchmesser P des mit dem Zwilling volumgleichen Rotationsellipsoids.

Im folgenden ist diese Berechnung an einem losen Zwilling aus der Bretagne (Wiener Hofmuseum, A. v. 397) durchgeführt. Aus der Ausbildung des Zwillings wurde geschlossen, daß die Schieferungsebene ungefähr parallel der b-Achse des Ind. 1 liegt und gegen dessen c-Achse zirka 20° nach rückwärts geneigt ist. Die Winkel φ zwischen den Flächennormalen und der Schieferungsebene (Äquatorialkreis des abgeplatteten Rotationsellipsoids), die reduzierten und die auf die Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen sowie die Differenzen Δ zwischen den relativen Zentraldistanzen gleicher Flächen der beiden Individuen sind in der folgenden Tabelle angeführt.[1]

		001	110	$1\bar{1}0'$	$1\bar{1}0_{,}$	010
φ	Ind. 1	20°	58°	58°	58°	0°
	Ind. 2	57°	25°	0°	0°	30°
Red. Zd.	Ind. 1	5·00	2·44	2·46	2·80	4·20
	Ind. 2	4·08	2·87	2·76	3·26	4·14
Rel. Zd.	Ind. 1	1·06	0·52	0·52	0·60	0·89
	Ind. 2	0·87	0·61	0·59	0·69	0·88
Δ		0·19	0·09	0·07	0·09	0·01

Summe der Abweichungen $= \Sigma_\Delta = 0 \cdot 45$

Volumen des Zwillings $= V = 435 \cdot 79\ cm^3$.

[1] Sowohl (110) als auch (010) haben bei beiden Individuen oben und unten gleiche Zentraldistanz.

Die Achsen a und b sowie die numerische Exzentrizität ε einer Ellipse, der die erzeugende Ellipse des volumgleichen Rotationsellipsoids »ähnlich« ist, ergeben sich aus den relativen Zentraldistanzen der Flächen (001) von Ind. 1 und Ind. 2 unter Verwendung der entsprechenden Winkel φ (siehe p. 652) mit:

$$b^2 = 0\cdot650, \quad \varepsilon^2 = 0\cdot477, \quad a^2 = 1\cdot243,$$

$$b = 0\cdot806.$$

Aus diesen Werten bekommt man

$$v = \frac{4}{3} a^2 b \pi = 4\cdot197\ cm^3.$$

Das Volum des Zwillings beträgt $435\cdot79\ cm^3$. Der Faktor $\sqrt[3]{\frac{V}{v}}$ ist demnach gleich $4\cdot700$.

In der folgenden Tabelle sind die Werte von

$$\rho = \sqrt{\frac{0\cdot65}{1-0\cdot477.\cos^2\varphi}} \quad \text{und} \quad P = \rho \times 4\cdot7$$

für die Richtungen der betreffenden Flächennormalen, die korrigierten relativen Zentraldistanzen $\left(= \frac{\text{red. Zd.}}{P}\right)$ und schließlich die Differenzen δ zwischen den korrigierten Zentraldistanzen gleicher Flächen der beiden Individuen angegeben.

		001	110	1$\bar{1}$0'	1$\bar{1}$0,	010
ρ	Ind. 1	1·06	0·87	0·87	0·87	1·11
	Ind. 2	0·87	1·03	1·11	1·11	1·01
P	Ind. 1	4·98	4·09	4·09	4·09	5·22
	Ind. 2	4·09	4·84	5·22	5·22	4·75
Kor. Zd.	Ind. 1	1·00	0·60	0·60	0·68	0·81
	Ind. 2	1·00	0·59	0·53	0·63	0·87
δ		0·00	0·01	0·07	0·05	0·06

Summe der Abweichungen $\Sigma_\delta = 0\cdot19$.

Wie man aus obiger Tabelle erkennt, sind die korrigierten relativen Zentraldistanzen für gleiche Flächen der beiden Individuen zwar nicht alle ganz gleich, doch ist eine bemerkenswerte Annäherung zu verzeichnen, die namentlich in den Summen der Abweichungen hervortritt. Während bei den auf eine volumgleiche Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen die Summe der Abweichungen $\Sigma_{\Delta} = 0 \cdot 45$ beträgt, ist sie bei den korrigierten relativen Zentraldistanzen, die auf ein volumgleiches Rotationsellipsoid bezogen sind, auf $\Sigma_{\delta} = 0 \cdot 19$ gesunken. Durch eine geringe Änderung in der angenommenen Lage der Schieferungsebene könnte das Resultat jedenfalls noch verbessert werden, doch geht aus diesen Zahlen schon hervor, daß die Hauptursache für die Ungleichheit der beiden Individuen der Zwillinge die Lageverzerrung ist. Analog wie bei den einfachen Krystallen kann man die Beeinflussung des Wachstums durch die Verhältnisse im geschieferten Gestein rechnerisch annähernd eliminieren, wenn man die reduzierten Zentraldistanzen nicht mit dem Radius der volumgleichen Kugel, sondern mit den in der Lage entsprechenden halben Durchmessern eines volumgleichen Rotationsellipsoids in Beziehung bringt.

Bis jetzt wurde nur jene Lageverzerrung besprochen, die in solchen geschieferten Gesteinen auftritt, bei denen die Richtungen in der Schieferungsebene keine Verschiedenheiten zeigen. Besitzt das Muttergestein aber eine Streckungsrichtung, so sind auch die Richtungen in der Schieferungsebene verschieden. Ein Körper, der in einem »isotropen« Medium nach allen Richtungen gleich schnell wachsen würde — ich verweise wieder auf das Beispiel eines radialfaserigen Aggregats —, würde in einem derartigen Gestein eine Form annehmen, wie sie etwa ein dreiachsiges Ellipsoid zeigt. Denkt man sich den Einfluß der Streckungsrichtung sehr stark, so würde dieses dreiachsige Ellipsoid sich der Form eines gestreckten Rotationsellipsoids nähern. Ein derartiges Beispiel einer Lageverzerrung, ein Staurolithzwilling nach ($\bar{2}32$) aus der Bretagne (Min.-petrogr. Institut der Wiener Universität Nr. 5729) (Porträt Taf. II, Fig. 12) wurde daraufhin untersucht. Zur Vereinfachung der Rechnung begnügte ich mich mit der Berechnung eines volum-

gleichen, gestreckten Rotationsellipsoids, dessen lange Drehungsachse mit der Streckungsrichtung zusammenfällt. Die Berechnung wurde in ähnlicher Weise wie bei den früheren Beispielen durchgeführt, wobei nach der Ausbildung des losen Zwillings die Lage der Streckungsrichtung ungefähr parallel der möglichen Querfläche (100) des Grundindividuums (Ind. 1) und gleichzeitig parallel ($\bar{1}0\bar{1}$) des Zwillingsindividuums (Ind. 2) angenommen wurde. In der folgenden Tabelle sind die Winkel φ zwischen den Normalen der einzelnen Flächen und der Streckungsrichtung (= lange Achse der »ähnlichen« Ellipse), die reduzierten sowie die auf die volumgleiche Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen des Zwillings und schließlich die Differenzen Δ zwischen den relativen Zentraldistanzen gleicher Flächen beider Individuen angegeben.

		001	110′	110,	$1\bar{1}0$′	$1\bar{1}0$,	010′	010,	101	$\bar{1}01$
φ	Ind. 1	71°	66°	66°	66°	66°	19°	19°	79°	79°
	Ind. 2	51°	48°	48°	82°	82°	51°	51°	90°	43°
Red. Zd.[1]	Ind. 1	5·00	2·15	2·15	2·17	1·78	3·37	3·37	3·48	3·01
	Ind. 2	5·74	2·40	3·03	[2·21]	2·03	1·96	2·01	3·61	5·27
Rel. Zd.[1]	Ind. 1	1·25	0·54	0·54	0·54	0·44	0·84	0·84	0·87	0·75
	Ind. 2	1·44	0·60	0·76	[0·55]	0·51	0·49	0·50	0·90	1·32
Δ		0·19	0·06	0·22	0·01	0·07	0·35	0·34	0·03	0·57

[1] Die Zentraldistanz von ($1\bar{1}0$′) ist bei Ind. 2 virtuell.

Summe der Abweichungen $= \Sigma_\Delta = 1 \cdot 84$
Volumen des Zwillings $= V = 266 \cdot 70\, cm^3$.

Aus den relativen Zentraldistanzen der Endflächen (001) von Ind. 1 und Ind. 2 und den entsprechenden Winkeln φ wurden wie früher die Achsen a und b und die numerische Exzentrizität der Ellipse berechnet, welche der erzeugenden Ellipse des mit dem Krystall volumgleichen Rotationsellipsoids ähnlich ist:

$$b^2 = 1 \cdot 434, \quad \varepsilon^2 = 0 \cdot 78, \quad a^2 = 6 \cdot 518$$
$$b = 1 \cdot 198, \quad a = 2 \cdot 553.$$

Volumen des »ähnlichen« Rotationsellipsoids

$$v = \frac{4}{3} a b^2 \pi = 15 \cdot 336\, cm,$$

Volumen des Zwillings $V = 266 \cdot 70\, cm^3$. Daraus

$$\sqrt[3]{\frac{V}{v}} = 2 \cdot 591.$$

Die folgende Tabelle enthält die Werte von

$$\rho = \sqrt{\frac{1 \cdot 434}{1 - 0 \cdot 78 \cos^2 \varphi}} \quad \text{und} \quad P = \rho \times 2 \cdot 591$$

für die Richtungen der betreffenden Flächennormalen, ferner die korrigierten relativen Zentraldistanzen $\left(\text{kor. Zd.} = \frac{\text{red. Zd.}}{P} \right)$ und die Differenzen δ zwischen den korrigierten Zentraldistanzen gleicher Flächen der beiden Individuen.

		001	110'	110,	$1\bar{1}0'$	$1\bar{1}0,$	010'	010,	101	$\bar{1}01$
ρ	Ind. 1	1·25	1·28	1·28	1·28	1·28	2·17	2·17	1·21	1·21
	Ind. 2	1·44	1·48	1·48	1·21	1·21	1·44	1·44	1·20	1·57
P	Ind. 1	3·24	3·32	3·32	3·32	3·32	5·62	5·62	3·14	3·14
	Ind. 2	3·73	3·83	3·83	3·14	3·14	3·73	3·73	3·11	4·07
Kor. Zd.	Ind. 1	1·54	0·65	0·65	0·65	0·54	0·60	0·60	1·11	0·96
	Ind. 2	1·54	0·63	0·79	[0·70]	0·65	0·53	0·54	1·16	1·29
δ		0·00	0·02	0·14	0·05	0·11	0·07	0·06	0·05	0·33

Summe der Abweichungen $\Sigma_\delta = 0 \cdot 83$.

Auch bei diesem Zwilling kann man ein starkes Sinken der Abweichungen zwischen den Zentraldistanzen gleicher

Flächen der beiden Individuen beobachten, wenn man statt der auf eine volumgleiche Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen ($\Sigma_{\Delta} = 1 \cdot 84$) die korrigierten relativen Zentraldistanzen ($\Sigma_{\delta} = 0 \cdot 83$) verwendet, die sich in diesem Falle auf ein gestrecktes, volumgleiches Rotationsellipsoid beziehen. Wie schon früher erwähnt wurde, hätte für diesen Zwilling eigentlich richtiger ein dreiachsiges Ellipsoid berechnet werden sollen. Die Ungenauigkeit in der richtigen Bestimmung der Lage der Streckungsrichtung veranlaßte mich aber, daß ich mich mit der viel einfacheren Berechnung eines Rotationsellipsoides begnügte, das ja eine größere Annäherung an den Einfluß der Lageverzerrung darstellt als die mit dem Krystall volumgleiche Kugel.

Die obigen Rotationsellipsoide stellen eine Annäherung an die Gestalt eines mit dem betreffenden einfachen Krystall oder Zwilling volumgleichen Körpers dar, der etwa wie ein radialstrahliges Aggregat ohne Wachstumsverschiedenheiten in sich selbst in dem gleichen geschieferten Muttergestein gewachsen wäre. Die verschiedenen Richtungen in dem Gestein bedingen schon für sich verschiedene Wachstumsgeschwindigkeiten, für welche die halben Durchmesser des Ellipsoids ein Maß sind. Dadurch, daß man die reduzierten Zentraldistanzen des Krystalls durch die entsprechenden Halbmesser des volumgleichen Ellipsoids dividiert, d. h. daß man die verschiedenen Wachstumsgeschwindigkeiten eines volumgleichen Körpers ohne molekulare Richtlinien in jenen Richtungen, die der Lage der betreffenden Flächennormale entsprechen, jeweils gleich 1 setzt, erreicht man dann, daß die so erhaltenen korrigierten Zentraldistanzen von dem Einfluß der Lageverzerrung befreit sind. Diese Zentraldistanzen haben also die gleiche Bedeutung wie die auf den Radius einer volumgleichen Kugel bezogenen relativen Zentraldistanzen eines Krystalls, der in einem Medium gewachsen ist, welches keine Verschiedenheiten in den verschiedenen Richtungen erkennen läßt. So wie diese Zentraldistanzen haben auch die korrigierten relativen Zentraldistanzen für gleiche Flächen

mehrerer Krystalle gleicher Art vom selben Fundort annähernd dieselbe Größe. Die Unterschiede zwischen den korrigierten relativen Zentraldistanzen verschiedener Krystallflächen werden hauptsächlich durch die dem Krystall eigenen Verschiedenheiten der Wachstumsgeschwindigkeit in der Richtung der Flächennormalen hervorgerufen und geben, wenn man Zwillinge mit einfachen Krystallen vergleicht, ein Bild für die Zwillingsverzerrung. Man kann an den drei angeführten Beispielen erkennen, daß die Zwillingsverzerrung sich so äußert, wie durch das Zusammenfassen der Messungen an mehreren einfachen Krystallen und Zwillingen vom gleichen Fundort gefunden wurde. Daß Abweichungen vorkommen, die der gesetzmäßigen Zwillingsverzerrung widersprechen — z. B. hohe korrigierte Zentraldistanzen der Flächen $(110_{/})$ und $(\bar{1}01)$ bei Ind. 2 des letzten Beispiels (p. 660) und der Flächen $(1\bar{1}0_{/})$ und (010) im vorletzten Beispiel (p. 657) — hat seine Ursachen in Unregelmäßigkeiten des Wachstums, die wir nicht verfolgen können, und beweist nur, daß einzelne Beobachtungen nicht genügen, um Gesetzmäßigkeiten zu finden, sondern daß erst durch Zusammenfassen möglichst vieler Einzelbeobachtungen die Unregelmäßigkeiten erkannt und das Gesetzmäßige herausgeschält werden kann.

Bemerkungen zu den Tafeln.

Die Zeichnungen sind nach den mittleren reduzierten Zentraldistanzen konstruiert. Bloß Fig. 5 und 12 stellen zwei vergrößerte Porträts von Zwillingen nach ($\bar{2}32$) dar. Alle Zwillinge nach ($\bar{2}32$) sind so abgebildet, daß die (bei Zöptau virtuelle) Zentraldistanz der Fläche (001) 2·5 *cm* beträgt, die einfachen Krystalle und die Zwillinge nach (032) so, daß sie mit jenen jeweils volumgleich sind. Die Linien neben den einfachen Krystallen vom Trausnitzberg bei Zöptau (Fig. 1) und vom Monte Campione (Fig. 3) stellen dar, wie groß die *c*-Achse dieser Krystalle gezeichnet werden müßte, wenn das Größenverhältnis zwischen dem einfachen Krystall und dem Zwilling nach ($\bar{2}32$) vom gleichen Fundort dem in der Natur entsprechen würde. Die in der Tafelerklärung angegebenen Vergrößerungszahlen geben die lineare Vergrößerung der Zeichnung gegenüber der wirklichen mittleren Größe der untersuchten Krystalle.

Tafel I.

Fig. 1. Einfacher Krystall, Trausnitzberg bei Zöptau. Vergr. zirka $10\,^4/_5$ mal.

Fig. 2. Zwilling nach ($\bar{2}32$), Fundort wie Fig. 1. Vergr. zirka $3\,^5/_8$ mal.

Fig. 3. Einfacher Krystall, Monte Campione, Kanton Tessin. Vergr. zirka 6 mal.

Fig. 4. Zwilling nach ($\bar{2}32$), Fundort wie Fig. 3. Vergr. zirka $2\,^1/_2$ mal.

Fig. 5. Porträt eines bloß einseitig ausgebildeten Zwillings nach ($\bar{2}32$). Fundort wie Fig. 4. Vergr. zirka $2\,^1/_{15}$ mal (siehe p. 646).

Fig. 6. Einfacher Krystall, Fannin County, Georgia, U. St. A. Vergr. zirka $2\,^1/_3$ mal.

Fig. 7. Zwilling nach (032), Fundort wie Fig. 6. Vergr. zirka $2\,^3/_8$ mal.

Fig. 8. Zwilling nach ($\bar{2}32$), Fundort wie Fig. 6. Vergr. zirka $2\,^2/_5$ mal.

Tafel II.

Fig. 9. Einfacher Krystall, Bretagne. Vergr. zirka $2\,^2/_3$ mal.

Fig. 10. Zwilling nach (032), Fundort wie Fig. 9. Vergr. zirka $2\,^1/_8$ mal.

Fig. 11. Zwilling nach ($\bar{2}32$), Fundort wie Fig. 9. Vergr. zirka $2\,^2/_5$ mal.

Fig. 12. Porträt eines gestreckten Zwillings nach ($\bar{2}32$), Bretagne. Vergr. zirka $1\,^4/_5$ mal (siehe p. 658).



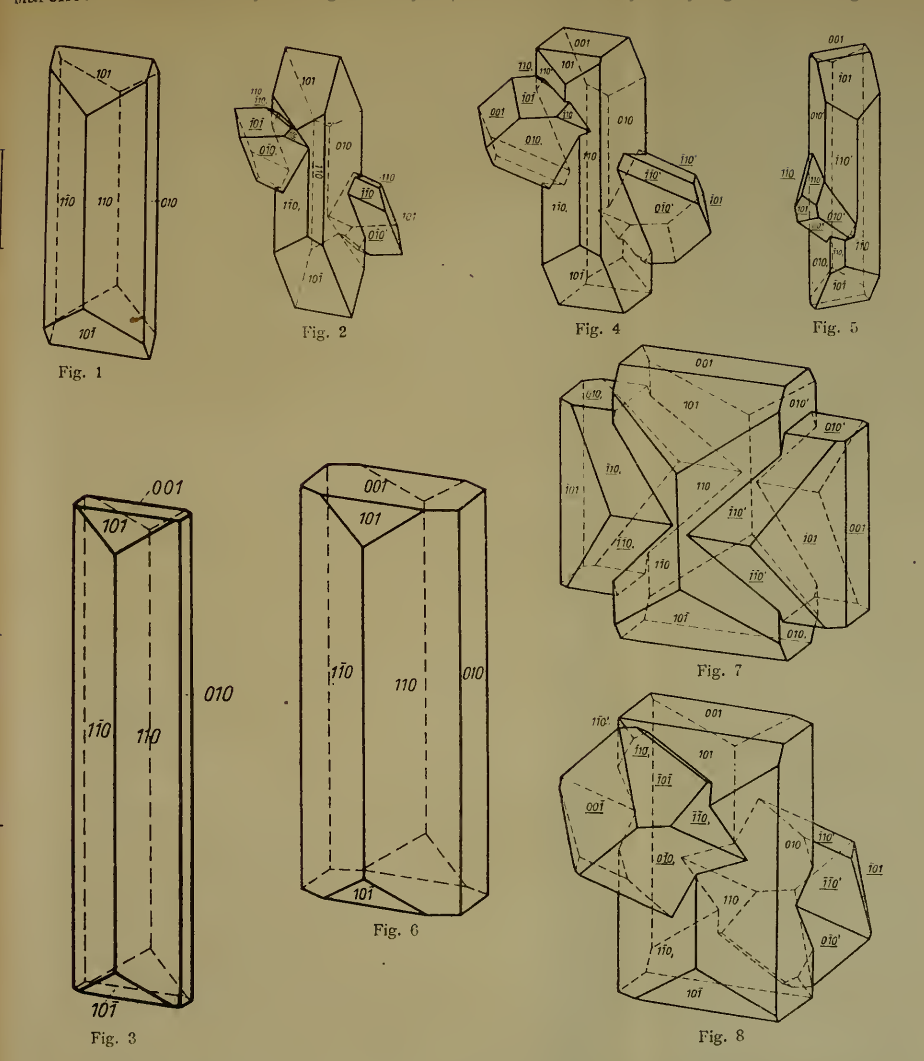


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8



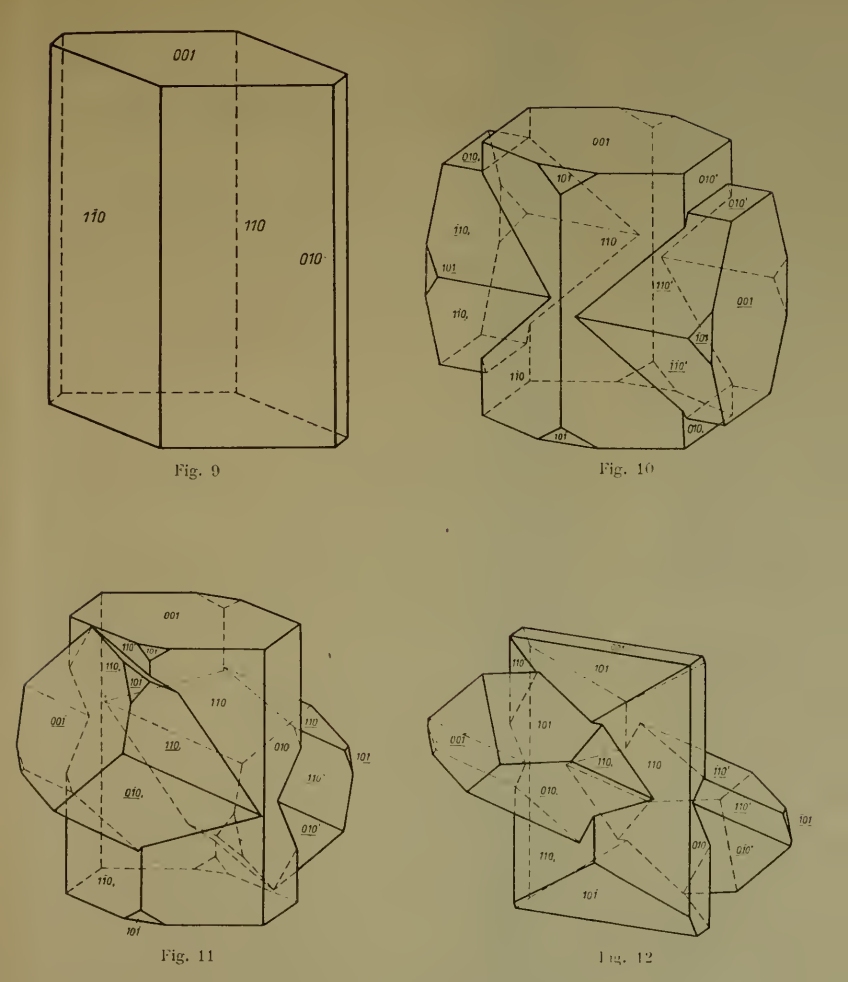


Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

Fig. 12